

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО  
ЭЛЕКТРОРАЗОГРЕВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

М.И. Батюк

Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.Я. Ушаков, Научный консультант: профессор, д.т.н. А.И. Гныря

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634034

E-mail: [mb110@yandex.ru](mailto:mb110@yandex.ru)

IMPROVING OF CONCRETE MIXTURE ELECTRIC PREHEATING EQUIPMENT

M.I. Batyuk

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.Ya. Ushakov, Scientific Consultant: Prof., Dr. A.I. Gnyrya

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634034

E-mail: [mb110@yandex.ru](mailto:mb110@yandex.ru)

**Abstract.** *In this paper an assessment of the reduction of energy consumption while using electric heating of concrete mix instead of conventional methods is given. It is determined that its implementation can significantly reduce the cost of production. In conclusion a solution of the drawback of uneven heating of the mixture is presented.*

**Введение.** В настоящее время производители железобетонных изделий (ЖБИ) начинают уделять значительное внимание вопросам повышения энергоэффективности технологического процесса. Наибольший интерес в аспекте реализации потенциала энергосбережения представляет тепловая обработка бетона, поскольку является наиболее энергоёмкой и наименее энергоэффективной стадией производства ЖБИ. Наиболее распространённым способом тепловой обработки изделий в заводских условиях является пропаривание в ямных и щелевых камерах [1]. Коэффициент полезного действия (КПД) данных термоагрегатов находится в пределах 10-30 %. Другим распространённым типом оборудования в сфере изготовления ЖБИ являются установки кассетного типа. Они также являются низкоэффективными, поскольку их КПД не превышает 35 %. Менее распространённым, но набирающим популярность методом является прогрев в среде продуктов сгорания природного газа (КПД 20-40 %). Низкая эффективность перечисленных методов обусловлена прежде всего значительными затратами энергии на нагрев элементов оборудования, металлоёмких форм и иной оснастки, а также на потери через систему вентиляции и несовершенные ограждения.

Наиболее энергоэффективными методами теплового воздействия являются электродный прогрев бетона и предварительный электроразогрев бетонной смеси (ПЭРБС), получившие широкое применение в монолитном строительстве. И первый, и второй основаны на явлении выделения тепла в веществе при протекании через него электрического тока. В этом и заключается их преимущество – тепло выделяется непосредственно в смеси или бетоне, и лишь затем передаётся окружающей среде и объектам. Средний КПД метода электродного прогрева составляет 55 %, а ПЭРБС – 80 % [2]. Следует отметить, что данные показатели достигнуты в условиях строительных площадок, где вследствие нестабильности метеоусловий и несовершенства опалубки неизбежны потери тепла в окружающую среду. Очевидно, что

их применение в условиях отапливаемого производственного помещения с возможностью обеспечить хорошую теплоизоляцию конструкции, позволит достичь более высокого КПД.

В данной работе основной интерес представляет ПЭРБС. Суть данного метода заключается в том, что внесение тепла в смесь осуществляется за достаточно небольшой промежуток времени. Бетонную смесь разогревают за 10-15 минут до 70-90°C, укладывают в форму и уплотняют. При достаточной теплоизоляции конструкции обеспечивается сохранение высокой температуры в течение длительного времени, последующее плавное остывание без дополнительного теплового воздействия и достижение отпускной прочности бетона в течение 10-20 часов. Исходя из норм расхода материалов на изготовление основной номенклатуры изделий заводов ЖБИ был произведён расчёт затрат энергии на электроразогрев смесей различных составов. Полученное значение удельного расхода электроэнергии составило 38-42 кВт·ч/м<sup>3</sup>, что свидетельствует о том, что в заводских условиях возможно достижение КПД 95 % и более. Для оценки эффективности ПЭРБС на рисунке 1 представлены средние значения удельного расхода энергии на тепловую обработку 1 м<sup>3</sup> бетона рассмотренными методами.

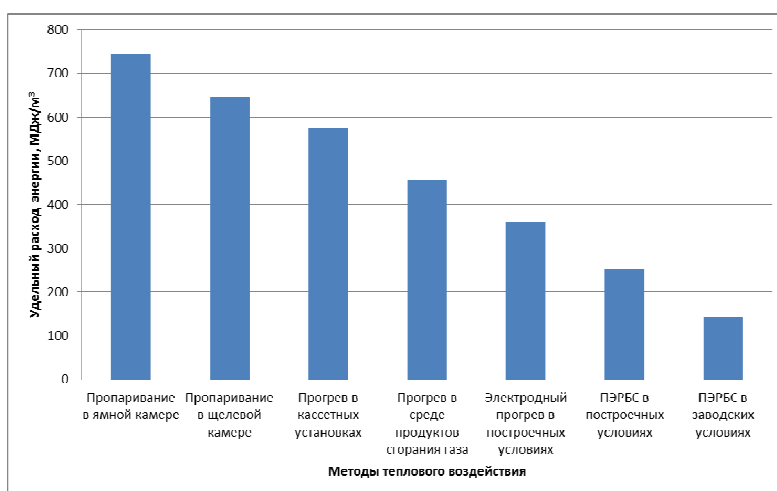


Рис. 1. Удельные расходы энергии на тепловую обработку 1 м<sup>3</sup> бетона

Для того чтобы в полной мере использовать все преимущества ПЭРБС и достичь наибольшей энергоэффективности без ущерба качеству бетона, необходимо добиться равномерного разогрева смеси. Как известно, неравномерный разогрев смеси по объёму бункера является одной из проблем известных устройств. Неоднородность электрического поля, возникающая за счёт различных факторов (геометрия электродов и ёмкости, различное переходное сопротивление «смесь-металл» на отдельных электродах и пр.), способствует неравномерному нагреву смеси, что после её укладывания оказывает отрицательное влияние на формирующуюся структуру бетона.

Для решения данной проблемы предлагается использование разработанной авторами системы разогрева бетонной смеси (заявка на изобретение № 2019144884), позволяющей осуществлять непрерывный контроль и коррекцию температурного поля в объёме смеси путём изменения электрического поля с помощью регулирования силы электрического тока, протекающего через каждый электрод (рис.2). Основными компонентами данного комплекса являются: ёмкость 1 с смонтированными в её стенки электродами 2, блок автоматического управления (БАУ) 3 с комплектом датчиков температуры 4, коммутирующее устройство 5, источники переменного напряжения 6,7. Датчики

температуры распределены равномерно по объёму ёмкости (аналогично взаимному расположению узлов кристаллической решётки). Коммутирующее устройство представляет из себя набор контактных и бесконтактных ключей, позволяющих подключать каждый из электродов к любому выводу установленных источников питания, в том числе и в импульсном режиме. В процессе разогрева смеси БАУ производит периодический опрос датчиков температуры и сравнивает текущие значения с заданным для настоящего момента времени. При возникновении области с предельно допустимым отклонением температуры  $\pm\Delta T$  БАУ подаёт сигнал на коррекцию электрического поля посредством коммутирующего устройства. Например, в процессе разогрева идентифицирована зона перегрева  $+\Delta T$ . В данном случае БАУ подаст сигнал либо на уменьшение тока, протекающего через ближайшие к данной зоне электроды, либо полностью отключит их от источника питания. После остывания до необходимой температуры разогрев данной зоны объёма продолжится в обычном режиме.

Поскольку одним из недостатков традиционных методов тепловой обработки является нагрев изделия через его поверхность, то становится очевидным, что применение ПЭРБС с возможностью обеспечить более равномерное температурное поле по всему объёму способствует не только снижению энергозатрат, но повышению качества бетона.

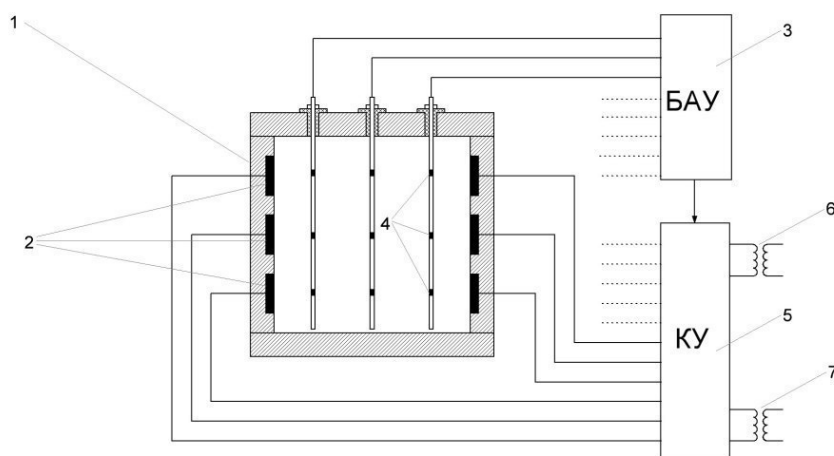


Рис. 2. Структурная схема системы электронагрева бетонной смеси

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Uygunogly T., Hocaoglu I. Effect of electrical curing application on setting time of concrete with different stress intensity //Construction and building materials. – 2018, – 162. – P. 298-305.
2. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях/ Под ред. Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна, А.И. Звездова. – М.: НИИЖБ, 2005. – 257 с.